

INTRODUCCIÓN GENERAL

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA AL SERVICIO DE LA TECNOLOGÍA INDUSTRIAL*

Oscar Maggiolo

1. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y DESARROLLO

1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

El más importante aporte al conocimiento humano, después del invento del método científico, ha sido la toma de conciencia de que este no es solo un procedimiento para satisfacer la inquietud intelectual que caracteriza al hombre, sino que es también una poderosa herramienta para construir una humanidad más rica, a través de un incremento de sus posibilidades de producir mejor.

El hombre ha utilizado los conocimientos derivados de la aplicación del método científico para mejorar sus condiciones de vida, desde el mismo momento que este se inventa en el Renacimiento. Pero, mientras inicialmente el método científico se aplica conscientemente con un solo objetivo intelectual de mejor conocer la naturaleza, hoy podemos decir, haciendo un balance, que el método científico se aplica fundamentalmente para construir más elementos

* Extraído de Maggiolo, O. 1964 "La investigación científica al servicio de la tecnología industrial" en *Uruguay, Balance y Perspectivas* (Uruguay: Cuadernos de Facultad de Derecho y Ciencias Sociales) N° 15. También disponible en Maggiolo, O. 2009 *Reflexiones sobre la investigación científica. Selección de artículos* (Montevideo: Facultad de la Ingeniería, UdelaR; Mastergraf) pp. 25-54.

de bienestar humano (más alimentos y más medicamentos, más máquinas productoras de energía eléctrica, mejores automóviles, heladeras, batidoras de jugos), y que los nuevos conocimientos son una consecuencia de las investigaciones realizadas para desarrollar esos nuevos productos.

La máquina a vapor, cuya introducción en la vida del hombre marca una era en su historia, fue la consecuencia aburrida de los conocimientos que los hombres de ciencia habían acumulado sobre la dilatación, la vaporización y la condensación de gases y vapores. La misma bomba atómica no es otra cosa que la aplicación práctica de conocimientos sobre la estructura atómica, acumulados por científicos cuya preocupación fundamental era solo conocer mejor la naturaleza. Pero, a partir de ese momento, que se remonta a un cuarto de siglo atrás, el motivo de conocer se invierte, y hoy día los formidables conocimientos adquiridos en el campo de la física nuclear, son la consecuencia del deseo del hombre de tener más medios de defenderse (bombas atómicas y bombas de hidrógeno), o de asegurarse la futura producción de energía eléctrica (usinas nucleares de generación).

Este proceso ha sido lento. Luego del Renacimiento, la revolución industrial en 1700 es el primer paso que la historia registra como época en que se comienza a hacer un intenso uso de los conocimientos adquiridos para mejorar las condiciones de vida, a través de una mayor facilidad en los medios de producción.

El segundo paso comienza a insinuarse en el primer cuarto de este siglo y se consolida al terminar la primera guerra mundial. Una ciencia entera, la aerodinámica, es el producto en los 20 años que van de 1918 a 1938, de un esfuerzo de conocimiento formidable provocado por el deseo humano de producir una máquina para volar.

Dos naciones, Alemania y la Unión Soviética, son las que en este período dan un paso decisivo. La primera, como consecuencia de la iniciativa privada, crea (1910) con el nombre de Instituto Kaiser Guillermo, el hoy Instituto Max Plank, cuyo objetivo fue promover el conocimiento, especialmente la ciencia, con un importante soporte financiero de la industria alemana. Cuatro millones de dólares fue el presupuesto inicial de esta institución, sin aporte del gobierno. La segunda, en la década del treinta, encara una total reorganización de la Academia de Ciencia. Esta, que en los primeros quince años posteriores a la revolución sigue funcionando con la misma estructura pre-revolucionaria, a partir de 1929, con motivo de los problemas que al país le plantea su creciente industrialización, es totalmente remodelada, transformándose en la organización gubernamental

dedicada a promover la investigación científica que el desarrollo del país requiere (Timoshenko, 1959).

El tercer paso de proyecciones históricas lo da Estados Unidos, cuando al final de la segunda guerra mundial, Vannevar Bush produce un informe decisivo a pedido del Presidente Roosevelt, sobre la aplicación de la ciencia para el mejoramiento de las condiciones humanas de vida en Estados Unidos.

Dice el informe en sus primeros párrafos:

Nuevos productos, nuevas industrias y nuevos negocios, requieren continuas adiciones al conocimiento de las leyes de la naturaleza y la aplicación de dicho conocimiento a propósitos de orden práctico. Este esencial nuevo conocimiento solo puede ser obtenido a través de la investigación científica básica. La ciencia puede ser efectiva para el bienestar de la nación, solo como parte de un todo, cualesquiera sean las condiciones de paz o de guerra. Pero sin progreso científico nada podrá asegurar nuestra salud, prosperidad y seguridad como nación en el mundo moderno. (Bush, 1945)

Más adelante, dice el informe:

Nuevas industrias de manufactura podrán instalarse, y muchas viejas industrias podrán ser grandemente mejoradas y desarrolladas, si se continúan estudiando las leyes de la naturaleza, y aplicando los nuevos conocimientos a propósitos prácticos.

Avances en ciencia proporcionarán también mayores niveles de vida, permitirán la prevención o cura de enfermedades, promoverán la conservación de nuestros limitados recursos nacionales y nos asegurarán medios de defensa contra la agresión. Pero para alcanzar estos objetivos, asegurar un alto nivel de ocupación y mantener la posición mundial de liderazgo, el flujo de nuevo conocimiento científico debe ser simultáneamente continuo y sustancial.

Dado que la salud, el bienestar y la seguridad de la nación son aspectos de la incumbencia del gobierno, la investigación científica es y debe ser un problema de principal interés del gobierno. Sin progreso científico, la salud pública se deteriorará; sin progreso científico, no podemos esperar mejoras en nuestro estándar de vida o un mejoramiento en las condiciones de ocupación de nuestros ciudadanos; sin investigación científica, no hubiéramos podido mantener nuestras libertades contra la tiranía. (Bush, 1945)

En los veinte años que van de 1945 hasta hoy, los países más desarrollados han comprendido en forma consciente, que tan importante es para el desarrollo de una nación la acumulación de conocimientos como la acumulación de capital. Son los economistas ingleses quienes más claramente han desarrollado este nuevo concepto dentro de

la economía política clásica. El asentamiento definitivo de esta idea puede, indudablemente, marcar en la historia de la humanidad una época como el uso del vapor marcó el comienzo de la revolución industrial. Su consecuencia sobre el futuro de la humanidad será más revolucionaria que lo que fue el descubrimiento de la transformación de materia en energía que ha posibilitado los espectaculares adelantos de la física nuclear. No tengo dudas de que quienes dentro de uno o dos siglos tengan que analizar con criterio histórico los años que nos ha tocado vivir, no nos distinguirán con la designación de iniciadores de la era nuclear, sino como la época en que se inició la revolución científica. Es la época en que el hombre se hace consciente de que el método científico de razonar es aplicable a planear su desarrollo económico y social, en la misma forma y con la misma posibilidad de éxito con que lo ha venido aplicando para producir un nuevo plástico o un nuevo antibiótico.

Primero Gran Bretaña, luego Francia, incorporan a sus gabinetes un ministerio especialmente dedicado a los problemas de la investigación científica en la nación. Más de treinta naciones crean en este período los Consejos Nacionales de Investigación Científica y Técnica.

Hoy día, los Premio Nobel entran en la Casa Blanca en Estados Unidos, no como invitados a recepciones sociales, sino como miembros de diferentes organismos oficiales de asesoramiento del gobierno norteamericano.

En las naciones subdesarrolladas, esta revolución, al igual que la industrial, todavía no se ha producido, lo cual provoca que paulatinamente se acentúe la distancia entre los países subdesarrollados y los países desarrollados.

G. Leduc, profesor de Economía del Desarrollo de la Universidad de París, ha mostrado sobre la base de un estudio con cifras, del anuario estadístico de la UN, la certeza de esta tesis.

En la Tabla I, se presenta el índice de la evolución del producto nacional entre 1954 y 1960 (Leduc, 1963), tomado de dicho trabajo al que hemos agregado Uruguay, de acuerdo al reciente estudio de la CIDE (1963).

Uruguay, con un coeficiente 95, se encuentra doblemente afectado en este proceso de distanciamiento respecto de los países más desarrollados, pues inclusive hemos retrocedido con respecto a nosotros mismos. Japón se encuentra a la cabeza del desarrollo, con un índice 165, después viene el núcleo de las naciones europeas llamadas democracias populares, como Yugoslavia, Rumania, Bulgaria, Checoslovaquia y Hungría, todas con índices superiores a 140. De los países latinoamericanos, solo Venezuela, Guatemala y Brasil

tienen un coeficiente superior a 120. Colombia, Perú y Honduras están entre 106 y 102; las demás, excluida Argentina que con un coeficiente 100 indica que si bien no se desarrolló tampoco retrocedió, están todos por debajo del índice 100, y de ellos, solo Paraguay ha retrocedido más que Uruguay.

Estados Unidos, la nación más desarrollada del orbe, con un ingreso de unos US\$2.500 por habitante, presenta un índice 108, que corresponde al grado de saturación previsible en las naciones muy adelantadas. No obstante ello, dijo John F. Kennedy, en 1963: “yo no creo que cualquier americano que piense pueda mirar las estadísticas y los hechos imparciales respecto a nuestra economía nacional, y no concluya que es necesario incrementar nuestro crecimiento”.

¿Qué podemos pensar nosotros, país con un ingreso nacional de US\$600 por habitante, cuando esas mismas estadísticas nos indican que nuestro producto bruto ha retrocedido un 5%. Evidentemente, lo menos que podemos pensar es que ha llegado el momento de meditar seriamente sobre nuestro futuro, dejando de lado eslóganes y preconceptos, y uno de ellos es el desprecio de los medios influyentes sobre el papel de la ciencia.

Tabla I
Evolución del producto bruto nacional por habitante a precios constantes,
entre 1954 y 1960

	Índice		Índice
Japón	165	Gran Bretaña	113
Yugoslavia	161	Bélgica	112
Rumania	159	Luxemburgo	112
Checoslovaquia	158	Irlanda	111
Hungría	146	Islandia	110
Alemania Oeste	145	Ceilán	109
Italia	139	Panamá	109
Polonia	137	Canadá	108
Austria	136	Estados Unidos	108
Grecia	136	Rodesia	107

Israel	133	Colombia	107
Puerto Rico	133	Filipinas	106
Guatemala	129	Perú	106
Holanda	129	Tailandia	106
Birmania	128	Ecuador	105
Venezuela	127	India	105
Turquía	125	Malasia	103
Brasil	123	Congo Belga	103
Francia	123	Honduras	102
Portugal	122	Paquistán	102
Dinamarca	122	Argentina	100
Finlandia	121	Indonesia	100
Taiwan	120	Nigeria	99
España	118	Chipre	99
Suecia	118	Chile	98
Suiza	118	Cambodia	96
China	115	Uruguay	95
Corea	115	Marruecos	94
Noruega	114	Paraguay	93
México	114	Siria	84

1.2 EL PROCESO DE LA INVENCION

El proceso de la invención, necesario para mejorar la calidad de los productos manufacturados y el conocimiento tecnológico, se realiza en tres etapas que no siempre están netamente diferenciadas, que han sido bien analizadas por Lewis (1961):

1. Formulación de leyes naturales, a través del proceso de la investigación científica básica. En esta etapa se formulan leyes, fórmulas y teorías interpretativas del mundo físico.
2. Proceso de la investigación industrial o aplicada, destinada a resolver, sobre la base de los conocimientos y teorías formuladas por la ciencia, algún problema de interés industrial.
3. Proceso de desarrollo en que la fórmula, plano o modelo elaborado en la segunda etapa antes mencionada, es investigada con el fin de producir algún producto industrial que cumpla estas dos condiciones fundamentales:
 - a) Que tenga un valor comercial, es decir, que despierte el interés de los usuarios.
 - b) Poder ser producido a un precio competitivo y de una calidad alta y constante, como para que induzca confianza en el mercado comprador.

En esta última etapa, la parte “a” especialmente, no es exclusivamente científica, sino que una dosis importante de promoción comercial interviene en ella. Termina allí la labor del hombre de ciencia, y es tomada por hombres expertos en el campo de costos de producción y de conocimientos de mercado, para sacar de la venta del producto un beneficio para su productor, privado o estatal.

1.3 FACTORES DEL DESARROLLO

La conjugación armónica de tres factores es esencial para el desarrollo de una nación.

1. Disponer de un conveniente potencial humano y de una organización adecuada, especialmente en educación y en instituciones públicas.
2. Acumulación de conocimientos para descubrir recursos naturales y por medio de una tecnología y una ciencia original verterlos al mercado mundial, convenientemente manufacturados.
3. Acumulación de capital para poder adquirir los medios adecuados de producción (edificios, fábricas, máquinas, herramientas, servicios públicos).

En general, los países subdesarrollados disponen de un potencial humano importante, aunque no adecuadamente puesto en valor, como consecuencia de una deficiente educación y peor organización. En

su mayoría, poseen buenos y muchas veces abundantes recursos naturales, pero o bien estos no se conocen, o sobre ellos no se aplica una adecuada tecnología para su consumo y exportación en forma de productos manufacturados.

En ninguno de ellos se ha comenzado a desarrollar una adecuada organización de investigación científica, sea para descubrir nuevos o más abundantes recursos naturales, sea para estudiar formas económicas y racionales de procesar esos recursos.

Todos ellos carecen en forma aguda, de reservas de capital, y en lugar de pensar en planes para crear por sí mismos, por métodos científicos, este capital que les falta o estudiar métodos de producir con menos inversión de capital, solo esperan de la ayuda extranjera todas sus posibilidades de adelanto.

El primer y el segundo aspecto son los que más interesan al tema que estamos tratando.

Ningún desarrollo efectivo, independiente, podrá conseguirse sin poner adecuadamente en valor los recursos humanos (índices adecuados de alfabetización, salud y estabilidad institucional), una tecnología acorde a la época, y una ciencia aplicada, suficientemente capaz como para poder desarrollar esa tecnología. Todo esto es muy difícil de conseguir a través de la ayuda exterior. Se nos ayudará a educar a nuestro pueblo hasta el nivel de escuela técnica, a descubrir y explotar recursos naturales propios, hasta el nivel de exportarlos como productos no manufacturados, pero nunca conseguiremos de la ayuda de los países desarrollados lo necesario para hacer evolucionar nuestra tecnología y nuestra ciencia aplicada, pues ello va en contra de sus intereses comerciales. El conseguir materias primas y alimentos a bajo precio, depende fundamentalmente de que los países productores de estos elementos que es la inmensa mayoría de la humanidad, no aprendan a manufacturar esos productos, sino que se vean obligados a exportarlos sin procesamiento. Un ejemplo palpable de lo que sucede con los precios de las materias primas, podemos tomarlo de nuestro propio comercio exterior de carnes.

Tal como se indica en la Tabla II, tomada del Banco de la República sobre la evolución de nuestra exportación de carnes en el período 1952-1963, puede verse que, mientras en el año 1963 hemos aumentado en un 5% el volumen físico de carne exportada, en cambio hemos obtenido un 26% menos de dólares como consecuencia de que los precios bajaron de US\$599,4/ton (1955), a US\$383,4/ton (1963).

Tabla II
Exportación del rubro “Carne y Subproductos” entre 1952 y 1963

Años	Toneladas	US\$	Promedios
1952	80.981,1	40.545,5	498,2
1953	78.794,8	43.856,8	556,5
1954	82.234,5	44.683,8	543,3
1955	12.018,7	7.204,4	599,4
1956	53.060	24.189,8	455,8
1957	64.281,1	27.450,1	427,0
1958	32.728,7	14.613	446,4
1959	34.843,4	18.508,9	531,2
1960	72.089,5	30.793	427,1
1961	51.623	24.071,7	466,2
1962	75.087,1	31.192,2	428,7
1963	86.453,5	33.150,7	383,4

Vol. físico en toneladas, dólares en miles y precios promedios por toneladas en dólares.

En la reciente reunión de economistas de la CEPAL, realizada a fines de enero en Brasilia, se mostró que América Latina ha perdido más de 19.000 millones de dólares en el período 1955-1961. De sus ventas de materia prima a Estados Unidos y los países europeos, recibe cada día menos, por lo cual es evidente que su capacidad de comprar disminuye. Dijo el secretario ejecutivo de la CEPAL, José A. Moyano: “de permanecer estancados en nuestro sistema y método de producción, nuestra soberanía y nuestra libertad de naciones serán cada día más menguadas, como consecuencia de la misma inferioridad material” (Schumann, 1964).

Nuestros métodos y nuestros sistemas de producción consisten simplemente en exportar productos básicos sin manufacturar, a precios bajos y volverlos a comprar caros, después de haber sido transformados en el exterior, junto con otros productos manufacturados que nos son necesarios.

Lo indicado para la carne se produce también con la lana, el petróleo, el zinc, el estaño, el plomo, el hierro, el azúcar, el café, el cobre, etcétera.

Tabla III
Exportaciones uruguayas por rubros (año 1963)

Productos sin procesar		
Lana sucia	30,3%	
Cueros y cerdas	10,6%	
Prod. agric. naturales	3,7%	46,4%
Animales en pie	1,6%	
Industrias extractivas	0,2%	
Productos con un procesamiento incipiente		
Carnes	20,2%	25,3%
Lana lavada	5,1%	
Productos con una etapa superior de procesamiento		
Hilandería y tops	18,6%	28,3%
Industrias diversas	9,7%	

En la Tabla III, mostramos por grandes rubros el comercio exterior para 1963 del Uruguay, observándose que solo una proporción muy pequeña de nuestra exportación recibe un procesamiento elemental.

La única solución es desarrollar una tecnología propia, independiente, adecuadamente basada en el estudio científico de los métodos de fabricar productos por medio de una industria autóctona. No es una solución importar “ciencia y tecnología” como quien importa automóviles o vagones de ferrocarril. Ha dicho De Gaulle que una nación que dependa de “royalties” para manufacturar sus productos naturales y para fabricar las máquinas que necesita para armar su industria, se encuentra irremisiblemente condenada a un papel secundario en el concierto mundial, pues recibirá las máquinas que se rechazan por antieconómicas en el país principal productor, y a producir modelos que han sido superados por el adelanto técnico-científico industrial del exterior. Por eso, simplemente, él se opone a la inversión de capital

extranjero en la industria francesa, y ha preconizado un esfuerzo en pro de la investigación científica pura y aplicada (lo que será, a no dudarlo, la faceta más perdurable de su período de gobierno) como el medio más seguro de colocar a Francia en un puesto independiente en los mercados internacionales. Esto que observa De Gaulle en forma general, es bien conocido en nuestro país, en todas aquellas industrias subsidiarias de grandes empresas extranjeras.

2. URUGUAY

Analícemos ahora algunos de los problemas más importantes que deberá enfrentar el país para desarrollar una política de ciencia, necesaria para la reconstrucción nacional que habrá que emprender en los próximos años. Analícemos los factores del desarrollo.

2.1 POTENCIAL HUMANO Y SU PUESTA EN VALOR

2.1.1 EDUCACIÓN Y CIENCIA

Uruguay posee un bajo potencial humano, 2.500.000 habitantes que, si bien es de los más elevados en América Latina respecto a su extensión territorial, 187.000 km (13,5 habitantes por km cuadrado), solo puede asegurar un adecuado desarrollo si es planificadamente puesto en valor. Es muy difícil sacar, de una tan reducida población, el número absoluto de personas capaces para garantizar una producción suficiente, una tecnología adecuada, una ciencia pujante que dinamice su producción. La estabilidad institucional del país es buena, su nivel educacional es excepcional, dentro del continente, el interés de su población por los estudios universitarios, tal como lo mostramos en un estudio anterior (Maggiolo, 1961) —que ha sido confirmado por un posterior análisis de Quijano— no nos debe preocupar, pero la distribución de estudiantes por facultades es monstruosa. Apenas llega al 8% de todos los estudiantes universitarios los que se dedican a ingeniería, química o agronomía, y no existen planes con posibilidad de éxito para modificar esta situación. Más grave aún, no existen planes universitarios para producir matemáticos, físicos o químicos, fuera de las carreras universitarias profesionales. Aun cuando nuestro nivel educacional es elevado, aun cuando el porcentaje de analfabetismo, junto con el de Argentina, es el menor de Latinoamérica (no llega al 7%) no tenemos un esquema educacional apropiado para desarrollar una tecnología independiente: en parte porque la universidad no ha creado las carreras científicas básicas, en parte porque la realidad nacional es tan adversa al desarrollo científico-tecnológico, que en los casos en que la Universidad ha creado las facultades correspondientes (ingeniería, 3,73%, química, 2,68%), la juventud no se

interesa en esas carreras por falta de un estímulo suficiente. Es decir, es un caso típico de deficiente organización del esfuerzo, en otros aspectos muy bueno, de puesta en valor de los recursos humanos con vista al desarrollo tecnológico.

El ingeniero, el matemático, el físico y el químico, son piezas esenciales y mutuamente complementarias para fundar una tecnología autóctona. No producimos orgánicamente en el país ninguno de los tres últimos, y de ingenieros no llegamos a 15 por millón de habitantes, que es uno de los números más bajos en las estadísticas mundiales.

Ver Tabla IV, tomada del Libro Blanco Británico del año 1957 y de Proc. of Hec. Inst. of Mechanical Engineers, 1953-1954.

Tabla IV	
Unión Soviética	243
Estados Unidos	136
Rep. Fed. Alemana	86
Suiza	82
Francia	73
Dinamarca	72
Suecia	62
Noruega	58
Reino Unido	56
Holanda	56
Italia	39
Uruguay	14

Aun en los países más avanzados, un desequilibrio de alguno de este tipo de técnicos en un plan de desarrollo determinado puede producir un descalabro. Un caso bien ilustrativo es el del programa especial de Estados Unidos. Hoy, está plenamente probado que una de las causas de su atraso, respecto a la Unión Soviética, provino de una subvaloración del número de ingenieros asignados al plan, existiendo, por el contrario, un exceso de físicos que sustituían mal lo que aquellos debían realizar.

En Uruguay, aun cuando corrigiéramos el bajo número de egresados ingenieros, tendríamos siempre el déficit insuperable de no disponer de físicos y matemáticos.

Es absolutamente imprescindible modificar esta situación, para lo cual es necesario crear las carreras científicas y aumentar en el país el interés por los egresados de las carreras tecnológicas.

En un plan global de recuperación del país, será necesario proponerse, en los próximos 15 a 25 años, modificar la composición del estudiantado universitario. Para comienzos de la década del noventa, no menos del 25 a 35% de estos deberían cursar las carreras científicas y tecnológicas.

Sin ser tan agudo como entre nosotros, el problema de la escasez de ingenieros y hombres de ciencia afecta también a las naciones más desarrolladas. En el estudio citado que publicamos en 1961 sobre "Universidad e Investigación Científica en Uruguay", hicimos referencia a esta preocupación en Gran Bretaña, dando algunas cifras al respecto. Podemos agregar ahora algún elemento nuevo.

A fines del año pasado, en 1963, se publicó el tan esperado "Informe Robbins" sobre la educación superior en Gran Bretaña y las medidas a tomar para incrementar las plazas en ciencia y tecnología en los institutos de enseñanza superior Ingleses. Citaremos, de este importante informe, solo el hecho de que el postulado inicial del mismo es que para que la juventud se interese en estudios de un tipo dado es necesario que alguien esté dispuesto a pagarle por lo que sabe, es decir, que haya demanda. Es decir, ningún plan de cambiar la composición de los estudiantes universitarios podrá hacerse como un plan aislado, si el país no se encamina hacia un proceso de industrialización racional sobre la base de elaborar nuestras materias primas.

Por eso, aun cuando la universidad se ha propuesto impulsar el crecimiento de las facultades de agronomía y de veterinaria, y lo ha hecho con éxito pues en 1963 se inscribieron 153 estudiantes en agronomía contra un promedio de 85 en los tres años anteriores, y en veterinaria se inscribieron 92, contra un promedio de 42 en los tres años anteriores (1960-61-62), no creemos que ello provoque un cambio permanente pues es necesario garantizar trabajo a los que se reciben, y eso no se puede resolver con un plan solamente universitario.

Es, no obstante, un ejemplo de que planeando, algo se consigue.

En Francia, el plan De Gaulle para modificar la composición del estudiantado universitario, con objeto de producir más matemáticos, físicos e ingenieros, forma parte de un plan integral de la nación (IV plan 1962-65) que contempla precisamente las necesidades que se tendrán en esos campos en el futuro.

Dentro de esto se ha planificado el desarrollo universitario en el decenio 1960-70 sobre la base de un 173% de incremento en el número de estudiantes de ciencias y técnicas, un 144% en derecho y ciencias económicas, un 118,9% en letras y humanidades y un 92,4% en medicina.

La evolución de los estudiantes en las facultades francesas será la de la Tabla V, si se cumplen los objetivos actuales:

Tabla V
Distribución de estudiantes universitarios en Francia

	1959	1970
Derecho y Ciencias Económicas	18%	16%
Letras y Humanidades	28%	25,5%
Ciencias Técnicas	34%	43%
Medicina y Farmacia	20%	15,5%

La UNESCO, por medio de un trabajo de Kovda (1963), estima que una nación debe tener entre 500 y 4.000 especialistas científicos por millón de habitantes, siendo un valor aceptable algo así como 1.000 especialistas por millón de habitantes. El número de ingenieros debe ser de 5 a 10 veces mayor, es decir, por ejemplo, para tomar la cifra menor, 5.000 ingenieros por millón de habitantes.

A Uruguay, con 2.500.000 habitantes, le corresponderían 2.500 especialistas científicos en ciencias físicas, matemáticas e ingeniería, incluyendo la agronómica, y unos 12.500 ingenieros. Si sumamos el total de egresados de las facultades de ingeniería, química y agronomía, sin abatir por muerte, retiro y emigración, no se llega a la cuarta parte de esa cifra. El déficit es formidable y pone en evidencia el escaso uso que de la ciencia y la tecnología ha hecho nuestro país hasta el momento.

Sin conocer exactamente las cifras, pues es muy difícil tener datos sobre este particular, estimamos que entre técnicos extranjeros y nacionales que se han recibido en institutos del exterior, no hay más de 500 a 1.000 personas trabajando además en el país, con una capacitación al nivel universitario en esos casos. Aun tomando el número más optimista de 1.000, llegaríamos así a pasar escasamente la cuarta parte de la mínima estimada por UNESCO.

2.1.2 ÉXODO DE LOS ESPECIALISTAS CIENTÍFICOS

Suponiendo que el país se embarcase en un plan racional de creación de carreras en ciencias básicas (matemática, física, química) y de intensificación del estudiantado universitario de las carreras de ingeniería en sus diferentes ramas, ello no sería suficiente para asegurar un número adecuado de este tipo de trabajadores en el país, pues habrá que defenderse de su emigración, especialmente los especialistas científicos.

En efecto, la escasez de hombres de ciencia e ingenieros es un problema mundial que afecta, como lo hemos dicho, a las naciones desarrolladas también. Existe un mercado internacional para este tipo de trabajadores que tenderá a absorber a aquellos que lleguen a destacarse.

Dos factores atraen a los especialistas científicos:

- a) Laboratorios y centros convenientemente equipados en material de trabajo y material humano, como para poder realizar una efectiva labor de investigación científica.
- b) Salarios suficientes para permitir un nivel de vida acorde a sus merecimientos del investigador y su familia.

Siempre que no se descienda de ciertos valores mínimos, el factor “a” es el que más atrae al hombre de ciencia, pero también a igualdad de equipamiento y de posibilidades, un buen salario es un incentivo que atrae al profesor o al hombre de ciencia.

Debe, además, tenerse en cuenta que estudios de carácter histórico y sociológico han mostrado que el hombre de ciencia no tiene, en general, mayores inhibiciones para trasladarse de un país a otro; por el contrario, podría afirmarse que ese tipo de aventura le atrae.

Por consiguiente, si una nación subdesarrollada como Uruguay, por ejemplo, no contempla proporcionar a sus hombres de ciencia el equipo y el salario que otras naciones ofrecen, inexorablemente se verá privada de sus trabajadores científicos.

Veamos un poco el problema salarios. Estos varían de nación a nación, y el hecho de que los costos de vida no guarden una relación muy estrecha con las relaciones de cambio (moneda) hace difícil las comparaciones.

Tomando el caso de Estados Unidos, que es uno de los países que más absorbe trabajadores científicos del exterior, podemos observar lo siguiente. En valor medio, en Estados Unidos, un ingeniero estabiliza su salario (que crece gradualmente) a los veinte años de recibido; mientras que un doctor en ciencias y filosofía sigue aumentando su salario hasta unos 30 años después de obtener su título.

Un ingeniero promedio gana unos US\$ 12.000 por año, pero los muy buenos llegan a ganar hasta US\$ 20.000 por año. Un doctor promedio gana unos US\$ 19.000, y los hay que ganan arriba de los US\$ 25.000 por año. Respecto a profesores, si estos provienen de una escuela técnica, pueden ganar unos US\$ 10.000 por año, de los cuales US\$ 2.000 provienen de trabajos de consulta (20 a 30 días por año). Un profesor universitario estatal gana unos US\$ 14.000, de los cuales US\$ 3.000 provienen de trabajos de consulta. En los institutos privados de ingeniería (MIT, California, etc.) se gana un poco más, y un profesor gana unos US\$ 16.000 por año, de los cuales unos US\$ 4.500 provienen de trabajos de consulta.

Vemos, pues, que los hombres de ciencia (doctores) dedicados a la industria privada ganan más, en promedio, que un profesor de los institutos más prestigiosos (US\$ 19.000 por año, en promedio contra US\$ 16.000 en la universidad).

A su vez, las instituciones internacionales encargadas de realizar proyectos concretos en los países subdesarrollados, pagan entre US\$ 14.000 y US\$ 18.000 por año a sus funcionarios con categoría profesor, según el índice de costo de vida del país en que se realiza la misión.

En Uruguay, en cambio, la situación de salarios es muy diferente. Un profesor con dedicación total ganaba, en 1961, en el mejor de los casos (después de cuatro reelecciones, lo que en promedio se consigue en entre 15 o 20 años después de recibirse), unos US\$ 10.500, menos que el ingeniero promedio en Estados Unidos, un 60% menos que un profesor del MIT, y 40% menos que un profesor de Facultad de Ingeniería estatal. Consideramos, sin embargo, que esos salarios eran más o menos correctos y podrían defender a Uruguay de una emigración de sus especialistas, si tenemos en cuenta el menor costo de vida en Uruguay, y las ventajas económicas y sociales que implican vivir en el propio país. Pero sucede que en 1963, solo tres años después de la fecha analizada, el índice de costo de vida en Uruguay subió en un 200% aproximadamente, y el profesor universitario ha seguido, hasta ahora, ganando el mismo sueldo en pesos moneda nacional, es decir, gana hoy solo US\$ 5.300, diferencia que ya no es compensada por ninguno de los factores indicados más arriba. El especialista entonces, tiende a ser atraído del exterior, sobre todo porque simultáneamente se le ofrecen mayores facilidades para el ejercicio de su profesión.

De consiguiente los salarios de los especialistas científicos en el país deben estar estructurados de modo que mantengan su valor adquisitivo frente al proceso inflacionario y además guardar relación con lo que paga el mercado internacional. Tentativamente, podemos decir que un salario 30% menor que los que se pagan en Estados Unidos por una jerarquía similar, puede ser correcto para impedir el éxodo, y no hay que preocuparse de que los salarios resultantes sean superiores a los de

un ministro o de un miembro de la alta corte. La investigación científica es un servicio público tan importante como gobernar o impartir justicia, y a diferencia de lo que sucede con los que deben realizar esta tarea, hay para ella un mercado internacional que atrae a sus cultores (caso que obviamente no sucede con ministros y senadores).

Como dato interesante, diremos que estimamos que un 10% de todos los ingenieros eléctricos y mecánicos producidos en el país emigraron, y como esa cifra afecta primordialmente a las últimas promociones, la cifra aumenta, lo que es alarmante si se tiene en cuenta los pocos ingenieros que producimos (véase Tabla V). Agreguemos que los que se han ido, en general están por encima del promedio de capacidad, por lo mismo que han llegado a despertar interés fuera de su ambiente.

2.1.3 RÉGIMEN DE GOBIERNO Y CIENCIA

En el aspecto organización, fundamental para que una nación pueda poner en valor su potencial humano, especialmente en lo que a ciencia se refiere, la situación institucional del país ha sido excepcionalmente favorable. Sin convulsiones importantes desde 1904, si se pasa por alto el golpe de Estado de 1933 que no llegó a afectar la organización educacional, especialmente universitaria del país, constituye el Uruguay una excepción a la regla latinoamericana.

El cultivo de la ciencia exige un ambiente de libertad que solo no se da en las dictaduras de extrema derecha, fascismo, nazismo o franquismo en Europa, militarismo en Latinoamérica.

Por eso, en nuestro país, el gran enemigo potencial, pero de extrema peligrosidad, para el posible surgimiento de una organización de investigación científica adecuada, lo constituyen las organizaciones fascistas de extrema derecha tipo ORPADE, ALERTA, Legión Artiguista, etc., cuyos ojos están puestos, peligrosamente, en los organismos de enseñanza con evidente apoyo de los sectores de gobierno.

Los sistemas sociales dentro de los cuales la ciencia pura y aplicada ha podido desarrollarse sin tropiezos, son el sistema democrático tradicional surgido en Europa en los siglos XVII y XVIII (Uruguay) y el sistema de democracias populares.

No creo sea necesario probar esta aseveración respecto de las democracias tradicionales. Respecto de las democracias tipo popular, es incuestionable que dichos países pasan rápidamente de una etapa de subdesarrollo a un comienzo de industrialización, con una manifiesta participación de la ciencia en el impulso de los planes de desarrollo (ver Tabla I).

La ciencia se desarrolla en China, en Polonia, en Bulgaria y otras naciones que han adoptado el sistema democrático popular. China, por ejemplo, invierte, en planes de investigación científica más de seis veces lo que invierte India, y este es uno de los países subdesarrollados

donde se practica la democracia tradicional, que más invierte, relativamente, en investigación científica.

La población de India es aproximadamente los dos tercios de la de China, por lo cual resulta que esta invierte en investigación científica y tecnológica cuatro veces más por habitante que aquella.

El 10% de los trabajos científicos que se publican en el mundo se hacen en ruso, comparable a lo que se publica en alemán y en francés.

Respecto de la organización de la tarea de investigación científica en Rusia, con vista al desarrollo tecnológico, Timoshenko, que no puede ser sospechado de parcial, manifiesta refiriéndose a la organización dada a la Academia de Ciencias: “se espera que tal organización será muy favorable para el desarrollo de la investigación científica” (1959). Es interesante observar el número de ingenieros producidos en Rusia, comparativamente con otras naciones (ver Tabla IV) y Timoshenko se refiere en forma optimista al sistema imperante en dicho país, tendiente a preparar investigadores.

Dice Dedijer, en su interesante exposición sobre la forma de crear una organización científica en las naciones subdesarrolladas: “Es sumamente importante que los hombres de ciencia tengan libertad para influir en la formulación de la política de investigación y criticar su implantación. Pienso que los rusos han llegado a esta conclusión” (*Science and Tech*, 1963: 68).

Concluyendo sobre este aspecto, como ya dijimos el sistema institucional de nuestro país es apto para el desarrollo de la investigación científica y debemos defenderlo del único peligro que lo acecha, proveniente de las fuerzas de extrema derecha.

2.2 RECURSOS NATURALES Y CIENCIA

En cuanto a recursos naturales el país es pobre, si bien una exhaustiva prospección de su subsuelo nunca se ha realizado. Una campaña de investigación geológica nunca se ha propuesto realizar; pero no produciendo geólogos, la misma sería muy difícil de llevar a cabo con independencia de los intereses industriales y comerciales del extranjero, es decir, de nuestros propios competidores. Es ilustrativo lo que sucede con los yacimientos de hierro de Valentines. La falta de laboratorios adecuados nos impide saber a ciencia cierta cuál es el valor de este yacimiento de acuerdo a nuestras necesidades, y no de acuerdo a las necesidades y conveniencias de las empresas extranjeras que se han interesado en Valentines.

Podemos decir que, aparte del agua de algunos ríos, como el Negro y el Uruguay, que en lo que a energía hidroeléctrica se refiere, son adecuados a nuestra extensión territorial y humana, nuestra única riqueza está constituida por esos pocos centímetros de tierra vegetal que cubren los geológicamente viejísimos terrenos que forman nuestro subsuelo.

Parecería que, aparte de Hernandarias (aproximadamente 1.600) nadie ha visto esto. Después de él, el uruguayo no ha hecho nada para mejor aprovechar esta riqueza natural, y aun cuando no es la tecnología de la producción rural la que nos corresponde tratar, permítasenos transcribir la tabla siguiente, que tomamos, del informe de la CIDE (1963), para vislumbrar hasta qué punto hemos sido omisos en aplicar la ciencia y la tecnología para asegurar nuestro bienestar.

Tabla VI
Uruguay: producción por hectárea en productos seleccionados
Comparación con otros países (kg por há) 1934 – 1938

1934-1938						
Producto	Uruguay	Argentina	Chile	EE.UU.	México	Italia
Trigo	753	970	1.060	360	760	1.439
Maíz	594	1.810	1.370	1.400	550	2.050
Arroz	3.253	2.850	3.840	2.470	2.100	5.280
Lino	606	650	-	420	400	300
Girasol a	434	742	1.282	880	-	1.090
Maní	599	960	-	840	833	2.040
Papas	3.846	5.760	8.520	7.760	4.800	6.600
1960-1961						
Producto	Uruguay	Argentina	Chile	EE.UU.	México	Italia
Trigo	772	1.219	1.261	1.607	1.384	1.737
Maíz	564	1.800	2.000	3.521	925	3.260
Arroz	3.516	3.316	2.676	3.814	2.058	5.175
Lino	591	686	770	524	967	803
Girasol a	459	691	1.023	-	-	1.416
Maní	714	1.247	-	1.340	1.280	2.400
Papas	4.688	9.406	8.455	20.954	-	10.199

a) Para estos productos, se ha tomado el período inicial 1948- 950 en vez de 1934-1938.

b) Las cifras de Uruguay comprenden el trienio 1960-1962

Fuente: datos de Uruguay elaborados por CIDE, según estadísticas oficiales del MGA. Otros países: Anuario FAO.

Puede aquí observarse que Uruguay, por ejemplo, producía en la década del treinta unos 753 kg/há de trigo, frente a 760 de México, pero en 1960-61 Uruguay se mantuvo en 772, y México pasó a 1.384 kg/há.

En la mayoría de los rubros de la producción agrícola, y lo mismo en la producción pecuaria, el panorama se repite.

2.3 CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN URUGUAY HASTA HOY

Si bien el informe de la CIDE no habla específicamente en ningún caso de la investigación científica, a lo sumo dice que se necesita más tecnología, o más productividad, son múltiples las citas que pueden hacerse del mismo, donde se ve claramente que en nuestro país no se ha apelado a la ciencia y a la investigación tecnológica para mejorar la producción de sus bienes de consumo interno o de su producción exportable.

Refiriéndose a la industria de la construcción, dice:

Siendo el ahorro disponible para viviendas un recurso escaso, corresponde aumentar la productividad de su utilización. Sería estéril la realización de una redistribución por estratos de la masa del limitado ahorro disponible, si el proceso no fuera acompañado por un profundo cambio de la técnica constructiva. Una parte de la política futura deberá orientarse, imprescindiblemente, hacia el mejoramiento de las bases tecnológicas. (1963: 74)

A quien conozca un poco la industria de la construcción de nuestro país, no le extrañará esta conclusión, pues así como puede asegurarse que nuestra arquitectura impresiona por su excelente calidad, ello contrasta con lo primitivo de las técnicas de la construcción empleada.

No existe en el país un instituto dedicado al estudio y la investigación de nuevos métodos constructivos. Un proyecto en tal sentido, presentado por el Ing. Ricaldoni en la Facultad de Ingeniería, hace ya cerca de cinco años, duerme encarpetao, pues nuestros ingenieros piensan que no se necesita estudiar nuevos métodos constructivos. Conversando con las personas conectadas con la construcción se aprecia la total falta de visión que se tiene sobre cuál es el método para reconstruir esta industria en bancarrota. No se piensa en mejorar, solo en que el Estado otorgue nuevos créditos para poder tirar dos o tres años más.

En el sector energía dice el mismo informe: “esta creciente incidencia del sector en el balance de pagos da mayor énfasis a la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso de las distintas formas de energía” (1963).

Nada se hace en este sentido. Mucho se ha hablado de la turba, ¿alguna vez se hizo un estudio científicamente organizado para analizar las posibilidades de esos yacimientos de combustible intensamente explotados en Escocia y la Unión Soviética?

Nada absolutamente, y las veces que los organismos universitarios se han interesado en el asunto, la indiferencia es la respuesta.

Otro tanto ha pasado con los intentos de estudiar el aprovechamiento energético del viento o del sol.

La única solución que se vislumbra es conseguir préstamos internacionales para construir usinas con combustibles importados. En el año 1961 hemos importado, para producir energía eléctrica, 120.000 toneladas de petróleo que nos representa cerca de medio millón de dólares.

Nuevamente, dice el informe de referencia: “no bastaría pues con hacer óptima la estructura de la producción, sería imprescindible, necesario, realizar al mismo tiempo el máximo avance en la tecnología aplicada en cada producción en particular” (1963: 23).

El mejoramiento de la productividad no consiste siempre, como parece creerse entre nosotros, en mejorar la producción del obrero por medio de planes de educación, entrenamiento y explotación.

Así, por ejemplo, en la industria mecánica pesada los costos de producción se reparten en promedio del siguiente modo:

	Porcentaje
Trabajo directo	12,5 a 20
Materiales	40 a 60
Gastos de producción	30 a 50

Se ve claramente cómo un ahorro de 1% en mano de obra representa mucho menos que un ahorro de 1% en materiales o en proceso de producción. Y ahorro en materiales y proceso de producción se consigue con investigación tecnológica, potencialmente más efectiva, en consecuencia, que un plan de mejoramiento de la habilidad de los obreros empleados en la industria mecánica.

Muchas veces es mucho más importante estudiar, para elaborar un producto dado —pongamos por caso la lana—, la maquinaria más apropiada a las características de la materia prima nacional o las diferencias que pueden existir entre un país pobre y un país rico. En los países pobres el dinero es muy caro y la mano de obra es de baja calidad. Por consiguiente, no siempre la solución conveniente en un país rico lo es también en un país pobre.

El mejoramiento de la tecnología aplicada no puede hacerse si no es con planes de investigación orgánicamente concebidos, creando el elemento humano capacitado y proporcionándole los laboratorios y equipos convenientes para desarrollar allí sus plenas capacidades.

2.4 QUIÉN DEBE IMPULSAR LA INVESTIGACIÓN

La investigación científica como elemento indispensable para asegurar el bienestar y desarrollo de una nación, es cada vez más un problema del resorte primordial del gobierno. Es en esencia un servicio público. Su financiación cada vez es más difícil en manos privadas, por las sumas que demanda, por los riesgos que como inversión acarrea, y por los plazos que hay que esperar para obtener resultados.

Un ejemplo puede dar una idea de este problema. Los estudios de gabinete y laboratorios necesarios para desarrollar un avión supersónico (M 2.2) de transporte comercial, que sustituya a los actuales jets subsónicos (M 0.85) demandan no menos de 1.500 millones de dólares, y el primer vuelo no se realizará antes de 10 años después del comienzo de los estudios. Se calcula que, a lo sumo, se podrán vender unas 70 máquinas de este modelo. Un proyecto de esta naturaleza solo puede ser costeadado individualmente por alguna de las dos grandes naciones industriales, Estados Unidos, la Unión Soviética, Francia y Gran Bretaña han debido aunar sus esfuerzos y asociarse para producir el "Concorde", posiblemente el primer transporte comercial supersónico que surcará los cielos en el período 1970-75.

Pero si bien estos grandes proyectos son solo accesibles a las grandes naciones, con un grado superlativo de desarrollo industrial, no todos los problemas tecnológicos se encuentran en la misma situación.

Cada nación, cada industria, tiene su pequeño o gran problema industrial que debe ser resuelto por la aplicación del método científico.

Las grandes y las pequeñas naciones deben destinar parte de su producción a la investigación y al desarrollo.

Se estima que entre 1 y 5% del ingreso nacional debe destinarse al desarrollo de las ciencias. Los países industrializados de Europa dedican a esta finalidad un promedio de 2,5% de dicha renta (Allison, 1963).

Uruguay, con una renta racional estimada en US\$ 600 por cabeza sobre la base de 2.600.000 habitantes (CIDE, 1963: 1) tendría una renta absoluta de 1.500 millones de dólares. El 1% es, aproximadamente, 15 millones de dólares por año, es decir unos 300 millones de pesos de 1964. Si tenemos en cuenta que prácticamente toda la actividad de investigación científica, salvo excepción, se desarrolla en la universidad y que todo el presupuesto universitario es del orden de los 164 millones de pesos (1964), incluyendo docencia e investigación, se aprecia la ínfima suma que nuestro país dedica a investigación científica, por lo cual no debe extrañar la precaria situación de la ciencia y la tecnología en el país. Lo que Uruguay destina a investigación científica y desarrollo no llega al 0,1% de su renta absoluta.

No debe pues, extrañar que, no habiendo existido hasta ahora un esfuerzo por acumular conocimiento en el país, su producción exportable cada vez más se ve reducida a la de sus escasas materias primas, lana y carne, en su forma más elemental, de acuerdo a la Tabla VI que muestra nuestras exportaciones por rubros.

El Uruguay, en América Latina, junto con Argentina, es el país cuyo sector industrial creció menos en 1950/60. Para un crecimiento de 8,4% en el período 1955-1960, de toda América Latina, Uruguay creció solo 0,8 % (CIDE, 1963: 49).

Queda por resolver quién debe proporcionar las sumas que la investigación científica requiere.

En un país subdesarrollado como el nuestro la contestación es unánime por parte de los expertos que se han ocupado del problema. El gobierno (Lewis, 1961; Didiyer, 1963) es el que tendrá que hacerlo, destinando de su presupuesto general de gastos, preferiblemente a través de la Universidad de la República, una parte a propiciar una política de ciencia en el país. Entendemos que para iniciar un plan en serio deberíamos comenzar por destinar no menos de la mitad del mínimo aconsejable, es decir un 0,5% del ingreso nacional.

La industria en estos países es pequeña, tecnológicamente poco evolucionada, mentalmente acostumbrada a importar ideas, máquinas y sistemas de producción. Su gran problema es el de conseguir capitales y cuando los consigue, defenderse de la devaluación provocada por la inflación que padecen la generalidad de las naciones subdesarrolladas. Por eso, los capitales se consiguen para inversiones en que estos se rescatan a corto plazo. No es el caso de las inversiones en investigaciones científicas, que solo pueden considerarse como inversiones a largo plazo, e individualmente riesgosas.

El hecho de que sea el gobierno quien fundamentalmente provee los fondos para investigación, se da también en las naciones desarrolladas. Así, hemos visto en el caso alemán del Instituto Max Planck,

fundado con un aporte de 100% de capitales privados, hace 50 años, hoy solo el 22% tiene este origen y el resto lo proporciona el Gobierno Federal Alemán.

En Francia, Gran Bretaña, Estados Unidos, este proceso es manifiesto. Por ejemplo el gobierno de Estados Unidos en 1956 destinó 15.000 millones de dólares a proyectos de investigación en ciencia y tecnología, lo que sobre un presupuesto de 66.000 millones de dólares, representó un 22%, y sobre un ingreso nacional de 348.500 millones de dólares representó el 42%. En 1963, el mismo gobierno destinó 26.000 millones de dólares a investigación, lo que sobre un presupuesto nacional de 92.000 millones representó un 28%, un aumento sensible en ocho años.

En el año 1940 el 58% de las inversiones en investigación científica en Estados Unidos provenían de la industria privada, un 38% los proporcionaba el Gobierno Federal y un 4% las instituciones universitarias y de investigación del tipo "non-profit". En 1963, el gobierno proporcionó el 71%, la industria privada ha bajado al 25% y las instituciones universitarias y de investigación tipo "non-profit" se mantienen en 4% (Allison, 1963a; 1963b).

Naturalmente, este proceso de crecimiento de los gastos que demanda la ciencia y la tecnología en Estados Unidos no puede continuar al ritmo actual. Seguirá disminuyendo el porcentaje de lo que invierte la industria privada comparativamente con lo que invierte el Gobierno Federal, pero si la tasa de crecimiento de las inversiones federales en ciencia y tecnología continúan al ritmo de los últimos 15 años, es previsible que para 1980 todo el presupuesto del gobierno sería absorbido en este tipo de actividad, y para el año 2000, el total del producto bruto nacional (*gross national product*) se destinaría a investigación científica y tecnológica.

De acuerdo a los números que hemos citado, en 1956, Estados Unidos destinó un 7,2% de su ingreso nacional, entre gobierno, industria privada e instituciones universitarias y de investigación, a ciencia y tecnología, lo que parecería que es excesivo. De acuerdo a las cifras indicadas por UNESCO, se excedería en un 2,2% (5% de acuerdo a KOVDA); pero también estudios realizados en los últimos años sobre los destinos de las sumas dedicadas a ciencia y tecnología han mostrado que existe un bajo aprovechamiento. Las inversiones se realizaban en una proporción importante (38% en 1960) por el método por nosotros llamado "por administración" es decir se paga el costo más un porcentaje fijo. En estas condiciones, los beneficios del capital invertido no pasaban del 1 a 1,5%, lo que indica que no había preocupación por investigar con productividad. A partir de 1962 Mc Namara, ministro de Defensa Nacional, provocó un cambio en la política de

contratos para investigación y desarrollo, sobre la base de costo más un beneficio incentivado que tenga en cuenta calidad del planeamiento, tiempo que insume el proyecto, estricto control financiero. La meta es elevar ese 1,5% a 15%, lo que naturalmente disminuirá las sumas necesarias para los proyectos de investigación y desarrollo.

Una vez los ajustes imprescindibles realizados, puede pues preverse que las inversiones de Estados Unidos en ciencia y tecnología se estabilizarán en los próximos años en un 5% de su renta nacional, creciendo, año a año, proporcionalmente al crecimiento de su producto bruto nacional.

2.5 OPORTUNIDAD DE LANZAR AL PAÍS EN UNA POLÍTICA DE DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

Es evidente que ese 0,5% de nuestro ingreso nacional (que representa unos 150 millones de pesos de 1964) que preconizamos que Uruguay debe destinar anualmente, en los próximos cuatro años, a incentivar la investigación científica y tecnológica, será considerado una suma exagerada, imposible, más de uno dirá ridícula. No debe preocuparnos, pues la verdad tarda siempre en imponerse. Se ha dicho, con razón, que en los países subdesarrollados los gobiernos son subdesarrollados en lo que a ciencia se refiere. Es decir, los gobernantes no comprenden que la investigación científica es un servicio público y como tal al gobierno no solo le incumbe, sino que le corresponde mantenerlo, pues es indispensable para el bienestar de la colectividad.

Empecemos por hacer notar que al preconizar destinar un 0,5% de la renta nacional, y no una suma absoluta, exigimos un esfuerzo proporcional a nuestra capacidad, y además, que ese esfuerzo exigido es, en proporción, más de 10 veces menor que el que realiza Estados Unidos (arriba de 7%), 5 veces menor que lo que hacen los países europeos avanzados (2,5%) y 2 veces menor que lo que se considera mínimo absoluto (1%).

No se nos escapa que esos 150 millones, inicialmente, se gastarán muy mal, es decir que haremos muchas tonterías con la suma así puesta a disposición del esfuerzo de investigación. Eso es inevitable, ya hemos visto que en Estados Unidos también se cometen tonterías en este campo. No se me escapa que no tenemos una industria capaz de aprovechar los descubrimientos científicos que se hagan en el laboratorio. Pero esto también ha sucedido en los países desarrollados. ¿Acaso en la época en que Boyle trabajaba en las leyes de los gases, había en Gran Bretaña compresores y máquinas a vapor para mejorar con esos conocimientos? No solo no los había para mejorar, sino simplemente no los había; aún no se habían inventado. Pero, al fin, estos llegaron. Nosotros, país subdesarrollado, debemos trabajar con

la misma confianza en la ciencia, disponiendo de la ventaja de que la historia confirma esta confianza.

Ciencia e industria se comportan como dos circuitos oscilantes acoplados. Inicialmente cada uno funciona mal, independientemente, pero cuando el acoplamiento se produce a la frecuencia de resonancia, el sistema se transforma en auto-oscilante.

Por otro lado, el hecho de que un servicio público sea deficitario, como lo será a no dudarlo inicialmente la investigación científica, no autoriza al gobierno a suprimirlo.

¿Sería acaso admisible cortar el suministro de agua potable a Montevideo, por ser un servicio deficitario? ¿Cuánto le cuesta al país mantener ferrocarriles y servicios aéreos interdepartamentales?

La suma propuesta es, por consiguiente, modesta y adecuada a nuestras posibilidades.

¿Será oportuno comenzar a incluir en los presupuestos nacionales sumas de este monto, en momentos de gran crisis económica?

El presupuesto nacional para 1965 estará comprendido entre 6.000 y 8.000 millones de pesos, por lo cual los 150 millones no representan más de 2,5% a 1,8% del mismo. La universidad, para sus servicios que son fundamentalmente docentes, prevé para 1965 unos 451 millones, es decir, pedimos para investigación la tercera parte del presupuesto universitario, y como el país algo dedica ya a investigación, la suma es insignificante dentro del panorama nacional.

¿Se pueden comprometer esas sumas en un momento de aguda inflación? Para un inversor privado evidentemente no. Los planes de investigación científica, tal como la planteamos en sus fases iniciales en el país, tienen las características del tipo de inversión que el capital privado no puede emprender en períodos de inflación:

- a) Inversión a largo plazo.
- b) Exige muchas divisas extranjeras para becas, compra de material científico y contratación de especialistas del exterior.

Pero tratándose de una inversión gubernamental y no privada, es unánime la opinión de los economistas en el sentido de que los gobiernos, ni aun en períodos de máxima inflación, pueden descuidar y dejar de invertir en los planes de:

1. Salud pública.
2. Educación.
3. Industrialización.

Evidentemente la investigación científica está conectada íntimamente con estos tres aspectos.

Es decir, en conclusión, la crisis económica y el proceso inflacionario que sufre el país no son un obstáculo para iniciar un plan de inversiones para estimular la ciencia y la tecnología en el país.

Citemos que, en Brasil, país que pasa por un proceso inflacionario récord en América Latina, muy superior al del Uruguay, el presidente Joao Goulart acaba de enviar un mensaje al Congreso Nacional proponiendo la creación de un Ministerio de Ciencia y Tecnología, con propósitos bien concretos para la formulación de una política científica y tecnológica nacional (Ramos, 1964).

2.6 QUÉ HAY QUE HACER

Resumiendo, como final de esta disertación podemos decir que, si excluimos casos muy particulares que no interesan en un enfoque que, como el que se nos ha pedido debe mostrar los grandes problemas, Uruguay no ha apelado a la ciencia y a la tecnología para mejorar sus medios de producción y la calidad de sus productos.

Ello constituye uno de los factores que han llevado al país al estado de bancarrota en que se encuentra.

La reconstrucción económica del país requiere una planificación nacional en todos los sectores. Debe incluirse en este plan el propósito de inducir el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país.

El gobierno, especialmente a través de sus presupuestos cuatrienales, es quien debe tomar el timón de esta planificación, encarando las sumas destinadas a educación (en los cuatro ciclos) y a investigación científica como una inversión destinada a producir dividendos y no como un consumo.

El plan de desarrollo de la investigación científica debe seguir el ritmo del plan amplio, a escala racional, pero no estando esto estructurado sugerimos los siguientes puntos, muy amplios:

- a) Establecimiento de un plan inmediato a cuatro años, y un plan a largo alcance de 24 años para desarrollar la ciencia en el país.¹
- b) Durante la vigencia del plan a cuatro años, invertir no menos del 0,5% de la renta nacional (aproximadamente US\$ 7,5 millones por año) en planes de becas al exterior y consolidación de los valores individuales que ya trabajan en ciencia en el país.

1 Se fijan múltiplos de 4, pues constitucionalmente, en Uruguay, los presupuestos de gobierno tienen una vigencia de cuatro años, y consideramos al presupuesto nacional el medio más efectivo para consagrar un plan determinado.

- c) Crear carreras de ciencias básicas y fomentar el interés para las carreras conectadas con la producción (Facultad de Ingeniería, Facultad de Química, Facultad de Agronomía y Facultad de Ciencias) con el propósito de disponer al promediar el plan (1975 aproximadamente) de no menos de 2.500 especialistas científicos (matemáticos, físicos, químicos, ingenieros) y no menos de 12.500 ingenieros de todos los tipos (recibidos en el país y el exterior).
- d) Dotar a la universidad de los medios y estructurar esta en tal forma, que al promediar el plan (1975 aproximadamente) el país no suba su cifra de 250 a 300 habitantes por estudiante universitario, de los cuales entre el 25 y 35% cursen carreras de ciencia y tecnología.
- e) Crear laboratorios y centros de investigación pura y aplicada alrededor de los valores individuales de capacidad internacionalmente reconocida. Desterrar el amateurismo científico, estatuyendo que en todos esos centros el régimen de trabajo es el de dedicación total.
- f) Crear mecanismos de estímulo económico a las industrias en base a sus índices de productividad, como medio de asegurar el interés de estas en la ciencia y en los egresados científicamente capacitados.
- g) Al fin del plan de 24 años (1988), invertir no menos del 1,5 a 2% de la renta nacional, mantener planes de investigación en los centros de investigación científica y tecnológica del país.

BIBLIOGRAFÍA

Allison, D. 1963a "Educating the engineer" en *Science and technology* (Estados Unidos: American Chemical Society) junio.

Allison, D. 1963b "The science entrepreneur" en *Science and technology* (Estados Unidos: American Chemical Society) enero.

Allison, D. 1963c "The civilian technology lag" en *Science and technology* (Estados Unidos: American Chemical Society) diciembre.

Bush, V. 1945 *Science, the endless frontier* (Washington: ACLS).

CIDE 1963 *Estudio económico del Uruguay* (Montevideo).

Dediyer, S. 1963 "The science of science" en *Science and technology* (Estados Unidos: American Chemical Society) agosto.

Jovda, V. A. 1963 *La organización de la política científica y la investigación tecnológica en el orden nacional* (Montevideo: UNESCO) octubre-diciembre.

- Leduc, G. 1963 *L'écart entre Pays développés et Pays insuffisamment développés a-t-il à s'accroître?*, G. Leduc, Rev. Gen. de "l'Hydraulique", Janv.-Fev., 1963.
- Lewis, W. A. 1961 *The theory of economic growth* (Londres: Routledge).
- Maggiolo, O. J. 1961 "Universidad e Investigación Científica en Uruguay" en *Marcha* (Uruguay) 7 de abril.
- Ramos, A. D. S. 1964 *Discurso*, Sesión inaugural de la Reunión Interamericana sobre Ciencia y Tecnología (Washington) enero.
- Schumann, R. H. 1964 *Telegrama de Prensa Latina*, 25 de mayo.
- Timoshenko, S. P. 1959 *Engineering education in Russia* (New York: McGraw).



Los documentos que integran la Biblioteca PLACTED fueron reunidos por la [Cátedra Libre Ciencia, Política y Sociedad \(CPS\). Contribuciones a un Pensamiento Latinoamericano](#), que depende de la Universidad Nacional de La Plata. Algunos ya se encontraban disponibles en la web y otros fueron adquiridos y digitalizados especialmente para ser incluidos aquí.

Mediante esta iniciativa ofrecemos al público de forma abierta y gratuita obras representativas de autores/as del **Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología, Desarrollo y Dependencia (PLACTED)** con la intención de que sean utilizadas tanto en la investigación histórica, como en el análisis teórico-metodológico y en los debates sobre políticas científicas y tecnológicas. Creemos fundamental la recuperación no solo de la dimensión conceptual de estos/as autores/as, sino también su posicionamiento ético-político y su compromiso con proyectos que hicieran posible utilizar las capacidades CyT en la resolución de las necesidades y problemas de nuestros países.

PLACTED abarca la obra de autores/as que abordaron las relaciones entre ciencia, tecnología, desarrollo y dependencia en América Latina entre las décadas de 1960 y 1980. La Biblioteca PLACTED por lo tanto busca particularmente poner a disposición la bibliografía de este período fundacional para los estudios sobre CyT en nuestra región, y también recoge la obra posterior de algunos de los exponentes más destacados del PLACTED, así como investigaciones contemporáneas sobre esta corriente de ideas, sobre alguno/a de sus integrantes o que utilizan explícitamente instrumentos analíticos elaborados por estos.

Derechos y permisos

En la Cátedra CPS creemos fervientemente en la necesidad de liberar la comunicación científica de las barreras que se le han impuesto en las últimas décadas producto del avance de diferentes formas de privatización del conocimiento.

Frente a la imposibilidad de consultar personalmente a cada uno/a de los/as autores/as, sus herederos/as o los/as editores/as de las obras aquí compartidas, pero con el convencimiento de que esta iniciativa abierta y sin fines de lucro sería del agrado de los/as pensadores/as del PLACTED, ***requerimos hacer un uso justo y respetuoso de las obras, reconociendo y citando adecuadamente los textos cada vez que se utilicen, así como no realizar obras derivadas a partir de ellos y evitar su comercialización.***

A fin de ampliar su alcance y difusión, la Biblioteca PLACTED se suma en 2021 al repositorio ESOCITE, con quien compartimos el objetivo de "recopilar y garantizar el acceso abierto a la producción académica iberoamericana en el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología".

Ante cualquier consulta en relación con los textos aportados, por favor contactar a la cátedra CPS por mail: catedra.cienciaypolitica@presi.unlp.edu.ar